

東北大学 金属材料研究所 附属 産学官広域連携センター

What's up!

最近の研究

- 「三次元アトムプローブを用いた鉄鋼ナノ組織解析」
低炭素社会基盤構造材料分野
(東北大学 金属材料研究所)
准教授 宮本吾郎

Interview!

「産」に聞く!

- 松野技術士事務所
代表 松野進氏

巻頭ご挨拶

残したい言葉の数々

センター長 正橋直哉

大阪府門真市に、経営の神様、松下幸之助の歴史館と創業した企業のミュージアムがあります。ミュージアムは、懐かしい製品の展示が見る人を楽しませてくれます。一方、歴史館は我が国のものづくりの礎を築いた氏の思想や人生観を随所で垣間見ることができます。とかく経営者としての成功に目が行きがちですが、氏が国や世界の行く末を予見した傑物であることをうかがい知ることができます。半世紀以上前に残した「勤勉は喜びを生み、信用を生み、そして富を生む。人間のいわば一つの大事な徳である。徳であるかぎり、これを積むには不断の努力がある。」という信条は、今でも十分に通用する格言でしょう。氏の書き物には、「素直」「謙虚」「真剣」「責任」「練磨」「根気」「忍耐」「覚悟」「躡」「精進」「けじめ」「熱意」「反省」という文言が頻りに現れます。どの文言も道徳に通じ、現代人が忘れがちな言葉のような気がします。

三次元アトムプローブを用いた鉄鋼ナノ組織解析

三次元アトムプローブは、材料中の元素の種類とともにその三次元的な位置をナノスケールで捉えることができる強力な組織解析ツールであり、ナノ組織と特性の関係解明に活用しています。

[Keywords] ナノ解析、元素分布、クラスタリング、偏析

鉄鋼材料では、最適な条件で加工熱処理することで、マイクロスケールやナノスケール、場合によっては更に細かなサブナノスケールにおいて添加元素の不均一な分布が形成されて、元素機能が発現し、強度や延性、靱性といった力学特性が向上します。特に、鉄鋼材料では炭素が主要添加元素であり、ボロンや窒素といった元素も力学特性には大きく影響することから、これら軽元素も含めた元素の不均一分布の把握がその制御には必須となります。従来、金属材料における元素の不均一分布の定量解析に広く用いられている電子顕微鏡におけるX線検出器は、軽元素のシグナルを定量的に捉えることが難しいという問題がありました。

三次元アトムプローブ(3DAP)は、ナノスケールでの元素の不均一分布の解析を得意とする組織解析手法であり、軽元素～重元素を基本的には元素種に関係なく捉えることができます。その原理としては、図1に示すように、50-100nmの曲率を持つよう鋭くとがらせた針状試料に真空中で電圧パルスを加えることで、試料表面の原子がイオン化して蒸発し、位置敏感二次元検出器での到達位置からx、y位置を検出し、また表面に露出している原子から蒸発するため、検出順からz位置を決定することができます。その際、針先端が拡大レンズの役割をするため、数百万倍を超える拡大倍率が得られ、理想的にはサブnmの空間分解能を有する顕微鏡法です。一方、パルス印加から検出器に到達するまでの飛行時間を測定することで、イオンの質量電荷比が得られ、同位体を区別してイオン種を同定することができるため、質量分析法の側面も有しています(図1右下)。この位置情報とイオン種情報を組み合わせることで、特定の元素の三次元的な位置を決定することが可能です。一方、測定領域が数10×数10×数100nm³の領域に限られ、結晶学的な情報を得ることが難しいため、マクロな組織解析や回折手法による結晶学的情報と組み合わせることが重要です。

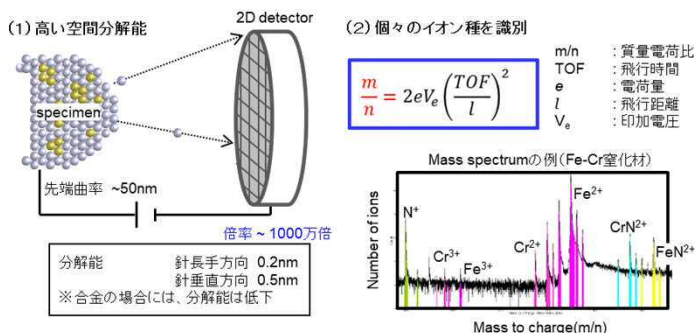


図1 三次元アトムプローブの測定原理

低炭素社会基盤構造材料分野
(東北大学 金属材料研究所)
准教授 宮本吾郎



[専門] 鉄鋼材料、相変態・析出

[趣味] 魚料理、自転車

我々のグループでは、電子線後方散乱回折(EBSD)法による結晶方位マッピングやFE-EPMAおよび二次イオン質量分析法(SIMS)によるマクロな元素マッピングを行った上で、集束イオンビーム法(FIB)を用いて興味のある領域から、針状試験片を採取するマルチスケールかつ多面的な解析法を構築し、ナノ領域の元素の不均一分布を定量解析するために三次元アトムプローブ測定を活用しています。

図2は、窒化したFe-1Cr合金で生成したCr窒化物のナノ組織を捉えた¹⁾のものであり、表面から内部への硬さ低下に対応して板状Cr窒化物の数密度が減少していることがわかります。また、図3はMo添加鋼の相変態中の界面を3DAPで測定した結果であり、Moが α/γ 界面に濃化している様子が捉えられています。このような界面における元素濃化によって界面移動が引き摺り効果により遅らされ、Mo添加による焼入れ性向上の原因となります。

このように三次元アトムプローブは、他の測定手法では得られないナノスケールの軽元素も含めた元素の不均一情報が取得可能であり、相変態や析出を利用した鉄鋼材料の組織制御法確立に役立っています。

参考文献

- 1) G. Miyamoto et al., Metall. Mater. Trans., 46A(2015), 5011
- 2) G. Miyamoto et al., Acta Mater, 177(2019), 187

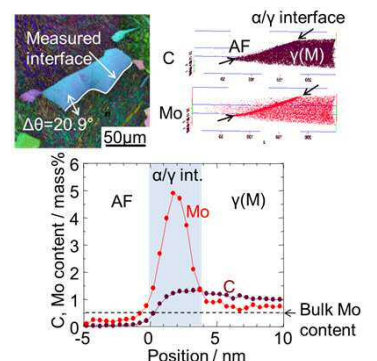
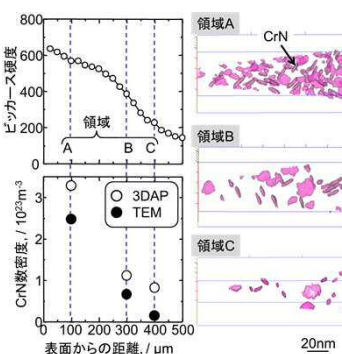


図2 550°Cで16h窒化したFe-1Cr合金における硬さ分布とCrNの3DAP解析¹⁾

図3 α/γ 界面におけるMo偏析²⁾(Fe-0.4C-0.5Mo, 700°C, 600s変態材)

用語解説

- 【EBSD】電子線回折図形から局所的な結晶構造や結晶方位を得る手法
- 【EPMA】電子線励起の特性X線から局所組成を定量測定する手法
- 【SIMS】二次イオンの質量測定から局所的な元素分布を調査する手法
- 【FIB】収束イオンビーム照射により、材料表面を加工する手法

松野技術士事務所

まつの すずむ
松野 進 氏
松野技術士事務所
代表

横浜国立大学工学部金属工学科卒業。その後、シャープ株式会社に入社し、音響機器の開発やBS用平面アンテナの開発に従事。その後、株式会社栗本鐵工所に転職し、耐摩耗、耐熱用鑄造材料の開発に従事。現在は、松野技術士事務所を開設し、企業の技術コンサルタントなどを行っています。



御社の事業内容を教えてください

(松野) 鉄系の金属材料をメインに鑄物材料の研究・開発、品質改善(例えば、変形、腐食、摩耗、鑄造欠陥などの原因究明と対策)に対する技術コンサルタントなどを行っています。専門は金属材料ですので、熱処理、腐食、摩耗、溶接などに関して技術セミナーの講師を務めたり、企業社員の技術教育などに携わっております。大学の非常勤講師も担当しております。



↑ 松野技術士事務所HP
← 講演会登壇の松野氏

長年に渡ってイベントに参加頂いてますが…

(松野) クリエイション・コア東大阪で開催される「ものづくり基礎講座」や金研開催の「夏期講習会」には積極的に参加しています。特に、ものづくり基礎講座は参加し始めてから10年以上になります。ものづくり基礎講座は毎回、金属に関する大学の先生による理論的なお話と、企業の方による実践的なお話の両方が聞けることが気に入っています。参加費が安価なことも参加しやすい理由の一つです(笑)。

交流を通して何か得るものはありましたか？

(松野) 企業は製品を納期通りに製造することを重視しているので、基礎研究が疎かになる傾向にあります。このような状況において、ものづくり基礎講座では、理論と実践の両方の話が聞けるので非常に役立っております。技術相談では、正橋先生から基礎的かつ客観的なアドバイスを頂けたため、多角的な視野を持って開発に臨むことができます。

広域連携センターと交流したきっかけは？

(松野) 鑄造品を実地で使用したとき早期摩耗や腐食などが見られ、その対策に困っていました。その時に、東北大学金属材料研究所(金研)主催の「ものづくり基礎講座」に参加して正橋先生と出会い、後日に技術相談に伺いました。正橋先生には今まで自分が気付かなかったことについて親身にアドバイスを頂いて感銘を受けました。これを皮切りに交流が続いています。

大学や産学連携に今後期待することは？

(松野) 金属の理論も大切ですが、企業が求めているのは、「この使用条件ではこの材料を使えば有効であるとか、この使用条件ではこの材料を使うのはお勧めしない」などの具体例や実践的な見解だと思えます。その上で、その有効性やお勧めしない理論的な説明があると、企業は確信を持ってユーザーに説明でき、自信を持って製品を製造できると思います。産学連携事業では、大学の先生にもっと現場を見ていただいた方が、アドバイスがよりの確になると考えています。



イベント報告 *Close up!*

■ 第93回夏期講習会_オンライン (8月1日(火))

第93回夏期講習会がオンラインで開催され、3名の教員からの講義、2名の名誉教授からの講義、そしてプロジェクト紹介があり171名が受講しました。センターからは正橋直哉教授による「金属チタンの基礎と応用—航空機からバイオまで—」と元センター教員の今野豊彦名誉教授による『材料組織と構造・ナノテクノロジー・透過電子顕微鏡・装置共用の現状「材料開発において構造解析が果たす役割—透過電子顕微鏡観察を例にとって—』の講義がありました。(教授 正橋直哉)



今野豊彦名誉教授の講義の
スナップショット



本年9月末にて東北大学を退職し、島根大学材料エネルギー学部に任用されることになりました。思い返せば、2012年3月に着任してから関西センター、産学官広域連携センターにおいて11年余り、産学官連携に携わってきました。本センターでは産学官連携を実践すべく、企業との共同研究を積極的に進めるだけでなく、大阪府、兵庫県、宮城県などの自治体と連携しながら大学のシーズを発信し、企業向けの講演会を企画し、技術相談では現場の課題解決に取り組んできました。慣れない取り組みに苦心惨憺することが多かったのですが、何とか職務を進めることができたのは、ひとえに皆様からのご指導、ご支援、ご協力いただいたおかげです。心より感謝しております。

本センターでの11年余りは、私にとって貴重な体験と思い出が詰まった期間でした。企業との共同研究や技術相談では、ものづくりの現場に情熱を持つ方々と真摯に向き合う必要があります。その業界の常識や専門的な知識が必ずしも十分ではない場合がほとんどで、企業の要求に応えるためには教科書に載っていないことも調べて学び続ける必要がありました。大学と企業の文化やスピードの違いも戸惑うことがありました。大学は研究志向で時間に余裕がある一方、企業では常に迅速な行動とアウトプットが求められます。そのギャップを埋めるために、協力者や支援者とのコミュニケーションが欠かせませんでした。しかし、こうした経験を乗り越えて得られたものもありました。現場のプロフェッショナルからのリアルなフィードバックを通じて、より実践的な研究を進め、学術と現場の融合を実感できる成果を見出したことが幾度もありました。異なる視点からのアイデア交換はイノベーションの源であり、その過程から良い成果を生み出すことができた時の喜びは筆舌しがたいものでした。金研創始者の本多光太郎先生の残した「産業は学問の道場なり」という言葉の真意を多少なりとも体感できたことは、私にとってかけがえのない財産です。

私事になりますが、新天地である島根大学では、研究・教育活動だけでなく、産学連携を推進する役割も担うことを求められています。これまでの経験を十分に活かして、山陰地方から産学官連携を通じたものづくりを鋭意推進していく覚悟です。在職中お世話になりました皆様には、今後も引き続きご指導・ご鞭撻をいただきますようお願い申し上げます。

最後になりましたが、皆様のご健康と更なるご発展を心より祈念しております。ありがとうございました。

コラム

研究室の測定装置が故障しました。メーカーに問い合わせると、修理はほぼ不可能とのこと。年数が経っていて部品の在庫がなく、新たに部品を作製するにも半導体がないそうです。現在、世界的に半導体が不足しています。原因はいろいろとあるようですが、一番の引き金は新型コロナウイルス感染症の拡大による需要の急増でしょう。身近のところでも、在宅勤務や自宅学習のためのパソコン、タブレット、Wifi機器ほか関連する半導体を多用する製品の需要が増えました。こうした部品不足はものづくり産業に影響を及ぼします。さらに、感染症のパンデミック以外にも、国際情勢の変化は、ものづくり産業に影響します。未来を正確に予測することは困難ですが、将来に備えた対応がより求められています。企業では資金・資材調達や人材確保、経営改善など様々な取り組みを進めていますが、ものづくり企業では新製品・新技術の開発が重要です。こうした取り組みにおいて、産学官による連携は今後もその重要性を増すものと思います。

ところで、今から15年以上前に、研究室で新しいニッケル基合金の開発研究を行っていた頃、企業からいくつかの引き合いがありました。その一つに、新合金を工具に適用する話がありました。漠然と、耐熱用途は考えていましたが、工具は想定外でした。工具といえば、工具鋼や超硬合金が思い浮かびますが、まさか、開発中のニッケル基合金が工具に適用できるかと思ってもみませんでした。しかし、その後、企業との共同研究を進めていくことで、新たな耐熱工具の用途が拓けました。産学連携の賜と感謝しています。

先進金属材料分野
客員教授 金野泰幸
(大阪公立大学 教授)



編集・発行

<http://www.trc-center.imr.tohoku.ac.jp/>
mail: kouikioffice.imr@grp.tohoku.ac.jp



大阪オフィス

〒599-8531 大阪府堺市中区学園町1-2
大阪公立大学 研究推進機構棟(C10棟)8F
TEL 072-254-6372 FAX 072-254-6375

仙台オフィス

〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1
TEL 022-215-2371 FAX 022-215-2137

MOBIO (クリエイション・コア東大阪)

〒577-0011 東大阪市荒本北1-4-1 (南館2F-2201室)
TEL 06-6748-1023 FAX 06-6745-2385